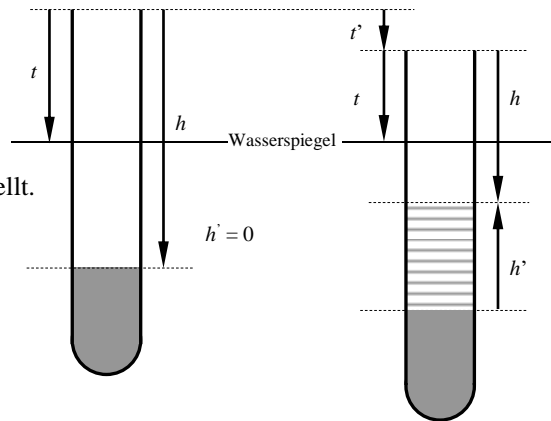


(a) Messresultate

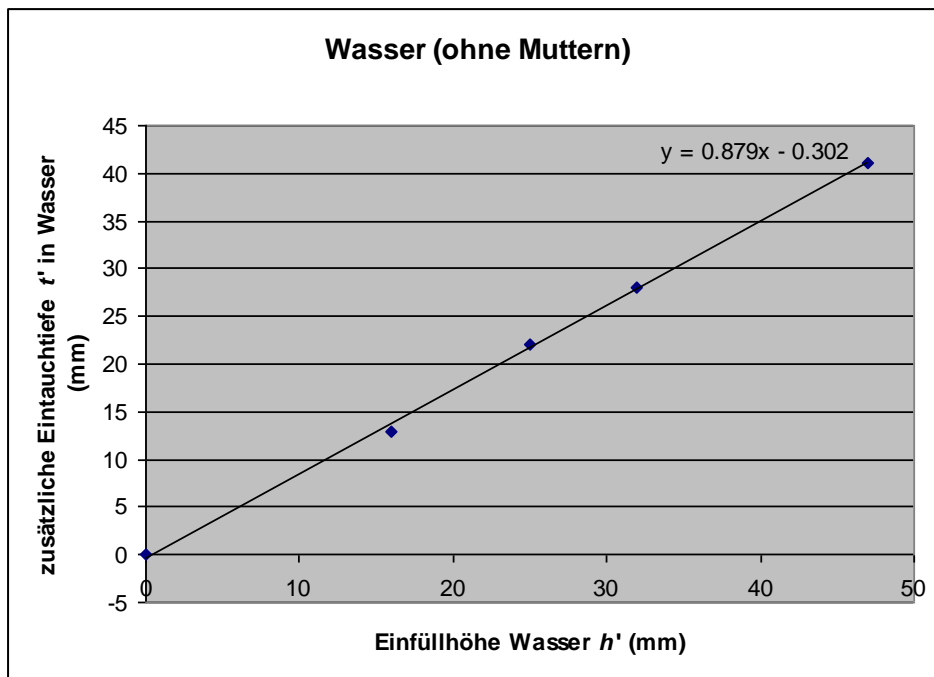
Als Bezugspunkt für die Messungen wählt man sinnvollerweise den oberen Rand des RG (damit vermeidet man lästige negative Messwerte, die zu Fehlern führen können). Die Werte der zusätzlichen Flüssigkeitssäule h' und Eintauchtiefe t' lassen sich daraus einfach berechnen. Sie werden grafisch dargestellt.

t (mm)	h (mm)	$h' = 97 - h$ (mm)	$t' = 54 - t$ (mm)
54	97	0	0
41	81	16	13
32	72	25	22
26	65	32	28
13	50	47	41



ohne Zusatzwasser (bzw. Öl)

mit Zusatzwasser (bzw. Öl)



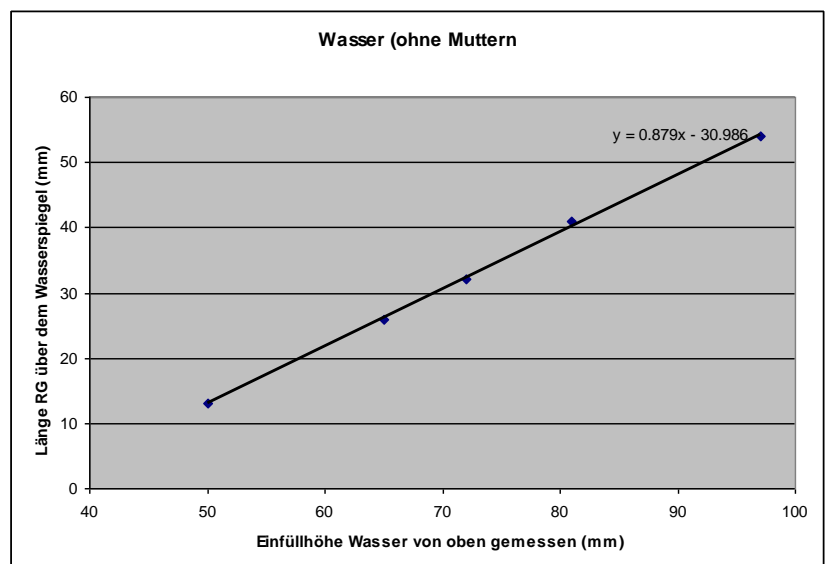
Steigung **0.879**

Bemerkungen

Der Messbereich wird auf der einen Seite durch die Stabilität, auf der anderen durch die begrenzte Eintauchtiefe des RG begrenzt (das RG steht auf dem Boden auf!). Liegt der letzte Messpunkt deutlich nicht auf einer Geraden, kann man annehmen, dass das RG im Becherglas unten aufsteht, und damit unsorgfältig experimentiert wurde.

An Stelle der Grössen h' und t' kann man auch h und t aufzeichnen. Bei der Auswertung kommt es nur auf die Steigung an!

Man erhält mit beiden Methoden die gleiche Steigung.



(b) Optimierung des Messbereichs

1. Methode Messung der Eintauchtiefe als Funktion der Anzahl Muttern

Anzahl Muttern ins RG geben

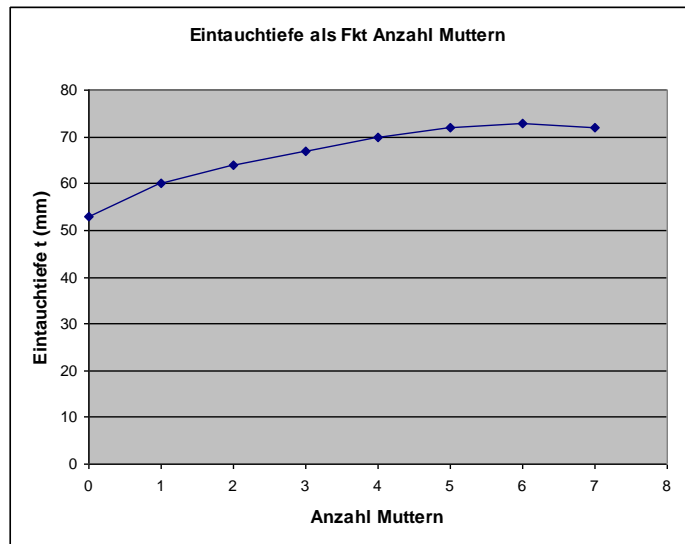
Mit Wasser auffüllen, bis RG stabil

 t und h messen (zusätzlich Wasser nachfüllen, bis RG maximal eingetaucht: t_{\max} und h_{\max})

Messresultate

#Muttern	t	h	t_{\max}	h_{\max}	d_h
0	53	96	15	53	43
1	60	107	15	56	51
2	64	116	15	60	56
3	67	125	15	64	61
4	70	132	15	69	63
5	72	138	15	73	65
6	73	144	15	77	67
7	72	147	15	80.5	66.5

Die mögliche Eintauchtiefe ist bei ca. 6 Muttern maximal (73 mm). Dies ist mehr, als bei 13 Muttern (64 mm).



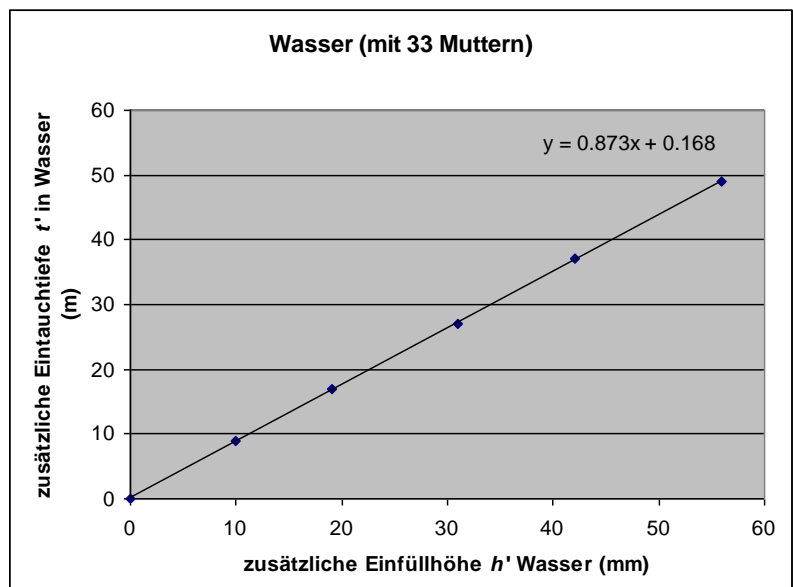
2. Methode in leeres RG Muttern zugeben, bis das RG gerade stabil schwimmt
 Dann die Muttern mit Wasser überdecken
 Dann mit der Messung beginnen

Messresultate (es sind 13 Muttern notwendig)

t mm	h mm	$h' = 155 - h$ mm	$t' = 49 - t$ mm
64	155	0	0
55	145	10	9
47	136	19	17
37	124	31	27
27	113	42	37
15	99	56	49

Man kann nun 49 mm Wasser auffüllen
 (gegenüber früher 41 mm)

Steigung 0.873
 (Abweichung gegenüber (a): 0.7 %)



Auch hier gilt:

Der Messbereich wird auf der einen Seite durch die Stabilität, auf der anderen durch die begrenzte Eintauchtiefe des RG begrenzt. Liegt der letzte Messpunkt deutlich nicht auf einer Geraden, kann man annehmen, dass das RG im Becherglas unten aufsteht, und damit unsorgfältig experimentiert wurde.

Im Grunde genommen ist die Zuladung im RG etwas zu gross, denn man benötigt zusätzlich zu den Muttern noch Wasser, um im RG in den linearen Querschnittsbereich zu gelangen.

Messung Wasser/Wasser mit 6 Muttern

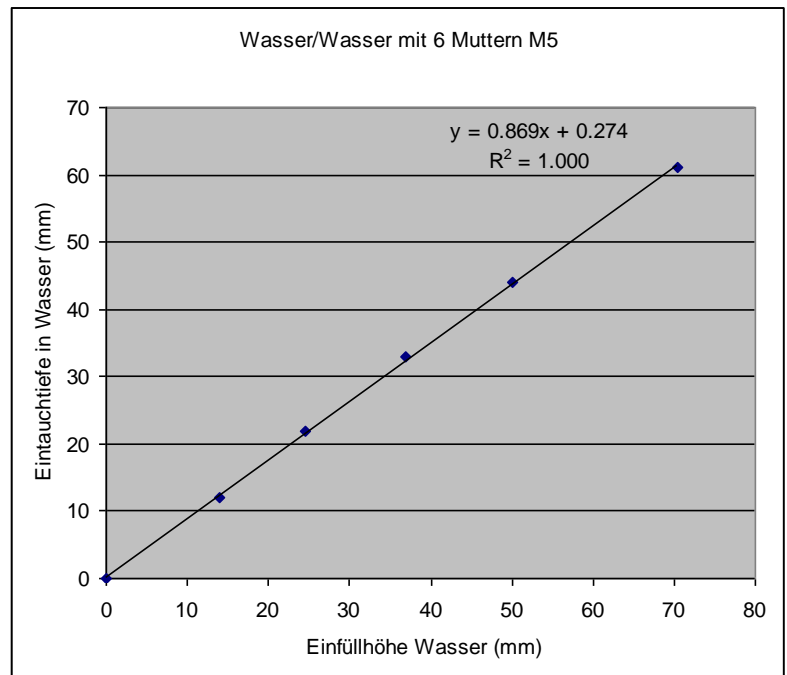
Die Messung wurde mit 6 Muttern durchgeführt (analog zu (a))

t	h	$h' = 144 - h$	$t' = 74 - t$
mm	mm	mm	mm
74	144	0	0
62	130	14	12
52	119.5	24.5	22
41	107	37	33
30	94	50	44
13	73.5	70.5	61

Der Messbereich ist mit Muttern deutlich grösser als ohne, aber auch besser als mit 13 Muttern.

Diese Messung liefert wohl den besten Wert für die Steigung.

$$S_W = 0.869$$



(d) Messung mit Oel

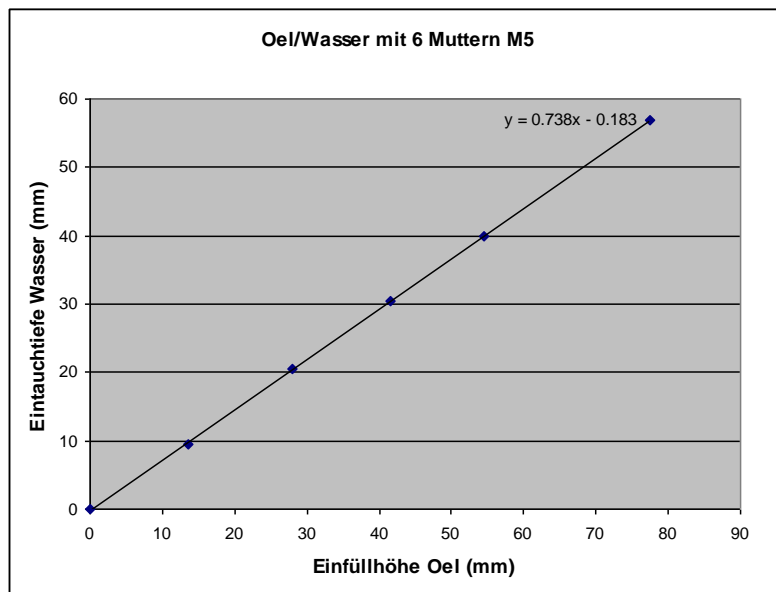
(d1) Messung mit Muttern (6 Stk., gute Methode)

t	h	$h' = 134 - h$	$t' = 69.5 - t$
mm	mm	mm	mm
69.5	134	0	0
60	120.5	13.5	9.5
49	106	28	20.5
39	92.5	41.5	30.5
29.5	79.5	54.5	40
12.5	56.5	77.5	57

Der Messbereich für Oel ist 77.5 mm, die Änderung der Eintauchtiefe ist 57 mm

Die Steigung ist so = 0.738.

Mit der Messung für Wasser (Steigung $s_w = 0.869$) ergibt sich die Dichte von Oel zu



$$\rho_o = (s_o/s_w) \cdot \rho_w = (0.783/0.869) \cdot 10 \cdot 1.00 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 = 0.849 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

(gemessener Wert mit Araemeter: $0.846 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, Abweichung 0.35 %)

(d2) Messung ohne Muttern (schlechte Methode)

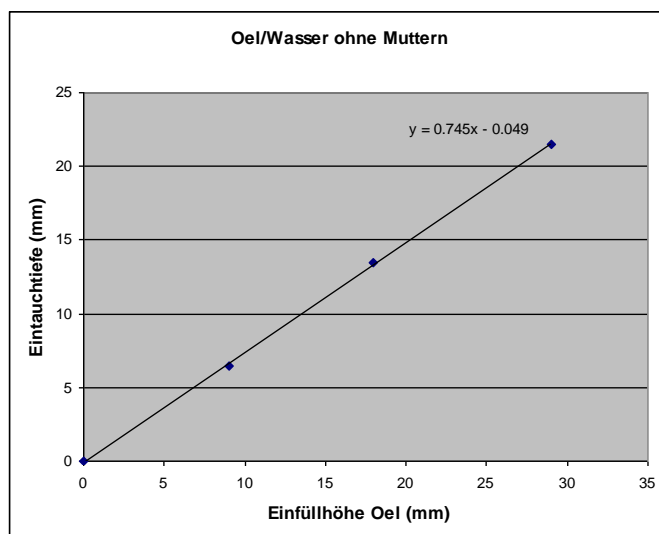
t	h	$h' = 56.5 - h$	$t' = 34.5 - t$
mm	mm	mm	mm
34.5	56.5	0	0
28	47.5	9	6.5
21	38.5	18	13.5
13	27.5	29	21.5

Messbereich für Einfüllhöhe Oel: 29 mm

Eintauchtiefe 21.5 mm.

Das ist nur 37 % verglichen mit der Messung mit 6 Muttern!

Dies wirkt sich direkt auf den Messfehler aus!



Fehlerabschätzung

Fehler einer Steigung (typ. Fehler)

1 mm auf 77.5 mm: rel. Fehler 1.3 %.

Bei 2 Steigungen typ. 2.5 %,

absoluter Fehler der Dichte:

2.5 % von 0.85 → 0.02

Angabe der Dichte $\rho_o = (s_o/s_w) \cdot \rho_w = 0.849 \cdot 10^3 \pm 0.020 \text{ kg/m}^3$

oder $\rho_o = (s_o/s_w) \cdot \rho_w = 0.85 \cdot 10^3 \pm 0.02 \text{ kg/m}^3$

Vermutlich ist die Fehlerschätzung etwas pessimistisch.